

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-007322

(43)Date of publication of application : 10.01.1995

(51)Int.Cl.

H01Q 23/00
G02F 1/035
H01Q 21/06
// H01Q 13/10

(21)Application number : 05-146049

(71)Applicant : ATR KOUDENPA TSUSHIN
KENKYUSHO:KK

(22)Date of filing : 17.06.1993

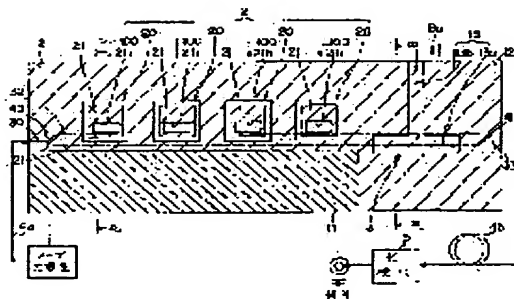
(72)Inventor : ERIZABESU PENAA
MATSUI KAZUHIRO
OGAWA HIROTSUGU

(54) SLOT ANTENNA SYSTEM

(57)Abstract:

PURPOSE: To perform conversion to an optical signal with a low loss by electromagnetically coupling an optical modulating means and a rectangular slot antenna and modulating the optical signal according to a received microwave signal.

CONSTITUTION: An optical modulator provided with two optical waveguides 31 and 32 formed inside a dielectric substrate 10 is formed. A slot antenna array 2 composed of four rectangular slot antennas 20 is integrated on the substrate 10 so as to be electromagnetically coupled with the waveguides 31 and 32 along the respective waveguides 31 and 32. Then, the optical signal provided with comparatively high prescribed light intensity is generated and outputted through an optical fiber cable 4a to an optical waveguide 30 by a laser beam generator 1 provided with a laser diode. The optical signal made incident to the waveguide 30 is distributed into two by a distributor 40 and afterwards, respective optical signals are respectively made incident through the waveguides 31 and 32 to a synthesizer 41. At this synthesizer, the optical modulating means and the antennas 20 are electromagnetically coupled, and the conversion to the optical signal is performed according to the received microwave signal. Thus, the system can be miniaturized, and the conversion to the optical signal is enabled with the low loss.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 27.04.1995

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 07.07.1998

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-7322

(43) 公開日 平成7年(1995)1月10日

(51) Int. Cl. ⁴	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 Q 23/00		2109-5 J		
G 0 2 F 1/035				
H 0 1 Q 21/06		2109-5 J		
// H 0 1 Q 13/10		2109-5 J		

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平5-146049

(22) 出願日 平成5年(1993)6月17日

(71) 出願人 000127662

株式会社エィ・ティ・アール光電波通信研
究所

京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5
番地

(72) 発明者 エリザベス・ベナー

京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷5
番地 株式会社エィ・ティ・アール光電波
通信研究所内

(74) 代理人 弁理士 青山 葆 (外2名)

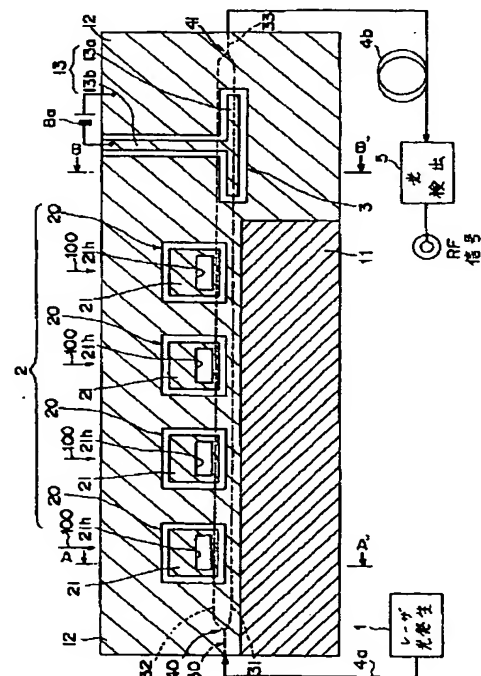
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スロットアンテナ装置

(57) 【要約】

【目的】 マイクロ波信号を受信して、従来例に比較して低損失で光信号に変換することができ、しかも従来例の装置に比較して小型・軽量化することができるスロットアンテナ装置を提供する。

【構成】 光信号を発生する光信号発生器と、誘電体基板上に形成され、マイクロ波信号を受信する矩形スロットアンテナと、上記矩形スロットアンテナと電磁的に結合しかつ上記誘電体基板上に上記矩形スロットアンテナと一体化されて設けられ、上記光信号発生手段によって発生された光信号が入力される少なくとも1本の光導波路を有し、上記矩形スロットアンテナによって受信されたマイクロ波信号に従って上記光信号を変調して出力する光変調器とを備えた。さらに、上記光変調手段の光導波路に沿って、上記光変調手段と電磁的に結合しかつ上記誘電体基板上に上記光変調手段と一体化されて、複数の矩形スロットアンテナを備えた。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光信号を発生する光信号発生手段と、誘電体基板上に形成され、マイクロ波信号を受信する矩形スロットアンテナと、

上記矩形スロットアンテナと電磁氣的に結合しかつ上記誘電体基板上に上記矩形スロットアンテナと一体化されて設けられ、上記光信号発生手段によって発生された光信号が入力される少なくとも 1 本の光導波路を有し、上記矩形スロットアンテナによって受信されたマイクロ波信号に従って上記光信号を変調して出力する光変調手段とを備えたことを特徴とするスロットアンテナ装置。

【請求項 2】 上記光変調手段の光導波路に沿って、上記光変調手段と電磁氣的に結合しかつ上記誘電体基板上に上記光変調手段と一体化されて、複数の矩形スロットアンテナを備えたことを特徴とする請求項 1 記載のスロットアンテナ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、線形電気-光変調器と一体化されたスロットアンテナ装置に関する。以下、マイクロ波信号などの高周波信号を、電気光学効果を用いて線形的に光信号に変換する、すなわち光信号を高周波信号に従って線形的に強度変調する変調器を線形光変調器という。

【0002】

【従来の技術】 マイクロ波や準ミリ波、ミリ波などの周波数帯における光ファイバ技術は、パーソナル通信において大きなウエイトを占めるようになって来ている。これは、第 1 に、低損失と広帯域の伝送特性を有する伝送媒質を提供することができる光ファイバケーブルを用いることができ、第 2 に、ミリ波回路や光/電気変換器を小型化することができるからである。

【0003】 しかしながら、自動車電話や携帯電話、並びにパーソナル使用のためのシステムの開発に伴って、無線基地局や移動無線局の製造コストを低下させることが要求され、このためには、より大きな努力をそのようなシステムのアーキテクチャの簡単化、簡素化に注ぐ必要がある。

【0004】 従来の無線基地局は、送信機と受信機とから構成されている。送信機は光信号をマイクロ波信号に変換かつ増幅された後、アンテナに給電されて自由空間に放射される。受信機はマイクロ波信号を光信号に変換される。アンテナによって受信されたマイクロ波信号は増幅され、当該マイクロ波に従って光信号を変調し、上記変調された光信号は光ファイバケーブルを介して伝送される。

【0005】 一方、種々の光変調器が開発され実用化されている。これらの従来の光変調器においては、光導波路内の光信号の位相速度と線路上のマイクロ波の位相速度との間でミスマッチを生じるために、主周波数がある

程度、制限されるという問題点があった。このことは、部分的には、いわゆる位相反転技術によって解決することができる。すなわち、この技術では、光導波路に印加される電界の方向を周期的に反転すればよい。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、当該位相反転技術を用いて光変調器を実現すると、長い電極を必要とし、その結果、マイクロ波の損失が増大するという問題点があった。

【0007】 例えば、マイクロ波信号を受信して光信号に変換する装置を構成するためには、マイクロ波信号を受信するマイクロストリップアンテナなどのマイクロ波アンテナと従来例の光変調器を組み合わせればよいが、上述のように、光変調器における電気・光変換において大きな損失が生じるとともに、マイクロ波アンテナから光変調器に伝送するまでに損失が生じるという問題点があった。

【0008】 本発明の目的は以上の問題点を解決し、マイクロ波信号を受信して、従来例に比較して低損失で光信号に変換することができ、しかも従来例の装置に比較して小型・軽量化することができるスロットアンテナ装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】 本発明に係る請求項 1 記載のスロットアンテナ装置は、光信号を発生する光信号発生手段と、誘電体基板上に形成され、マイクロ波信号を受信する矩形スロットアンテナと、上記矩形スロットアンテナと電磁氣的に結合しかつ上記誘電体基板上に上記矩形スロットアンテナと一体化されて設けられ、上記光信号発生手段によって発生された光信号が入力される少なくとも 1 本の光導波路を有し、上記矩形スロットアンテナによって受信されたマイクロ波信号に従って上記光信号を変調して出力する光変調手段とを備えたことを特徴とする。

【0010】 また、請求項 2 記載のスロットアンテナ装置は、請求項 1 記載のスロットアンテナ装置において、上記光変調手段の光導波路に沿って、上記光変調手段と電磁氣的に結合しかつ上記誘電体基板上に上記光変調手段と一体化されて、複数の矩形スロットアンテナを備えたことを特徴とする。

【0011】

【作用】 請求項 1 記載のスロットアンテナ装置においては、上記矩形スロットアンテナはマイクロ波信号を受信する。次いで、上記光変調手段は、上記矩形スロットアンテナによって受信されたマイクロ波信号に従って上記光信号を変調して出力する。

【0012】 また、請求項 2 記載のスロットアンテナ装置においては、複数の矩形スロットアンテナはマイクロ波信号を受信し、上記光変調手段は、上記複数の矩形スロットアンテナによって受信されたマイクロ波信号に従

って上記光信号を変調して出力する。

【0013】

【実施例】以下、図面を参照して本発明に係る実施例について説明する。

【0014】＜第1の実施例＞図1は本発明に係る第1の実施例である光変調器一体型スロットアレーアンテナ装置の平面図及びブロック図であり、図2は図1の1つのスロットアンテナ20の拡大平面図である。また、図3は図1のA-A'線についての縦断面図であり、図4は図1のB-B'線についての縦断面図である。

【0015】この第1の実施例のスロットアレーアンテナ装置は、 LiNbO_3 にてなる誘電体基板10内に形成された2つの光導波路31、32を備えた光変調器上であって、上記各光導波路31、32に沿ってかつ当該各光導波路31、32と電磁的に結合するように、4個の矩形スロットアンテナ20からなるスロットアンテナアレー2を誘電体基板10上に一体化して備えたことを特徴とする。

【0016】まず、線形光変調器について、以下に説明する。本発明に係る第1と第2の実施例の線形光変調器においては、 LiNbO_3 という光学的1軸性結晶の強誘電体における1次の電気光学効果を用いており、各屈折率 n_x 、 n_y 、 n_z は主軸に沿って異なっており、 $n_x = n_y$ であるが $n_y \neq n_z$ である。すなわち、光軸はz軸1本である。電気光学効果の最大の電気・光変換係数は上記結晶の主軸に応じて、上記マイクロ波によって誘起される電界の方向に依存している。第1と第2の実施例においてはともに、光導波路31、32、35の長手方向と平行な方向にx軸が設定され、y軸はx軸に垂直であってかつ誘電体基板10の表面に対して平行に設定される。さらに、z軸はx軸とy軸に対してともに垂直な方向でありかつ誘電体基板10の表面に対して垂直となるように設定される。ここで、第1の実施例においては、光軸がz軸に平行である、いわゆるZカットの誘電体基板を用いており、マイクロ波信号によって誘起される電界はz軸に平行であり、その電界はx軸に沿って伝搬する。一方、第2の実施例においては、光軸がy軸に平行である、いわゆるYカットの誘電体基板を用いており、マイクロ波信号によって誘起される電界はy軸に平行であり、その電界はx軸に沿って伝搬する。

【0017】図3及び図4に示すように、 LiNbO_3 にてなる誘電体基板10上に公知の通りTiを熱拡散させることによって所定の間隔だけ水平方向に離れたTi： LiNbO_3 にてなる楕円断面形状の薄膜光導波路31、32が互いに平行となるように誘電体基板10内に形成される。次いで、誘電体基板10上に、矩形スロットアンテナ2の放射効率を向上させるために、厚さ3 μm 乃至4 μm の SiO_2 にてなる絶縁膜11が形成された後、当該絶縁膜11上に上記各光導波路31、32に沿って、図1の左側（レーザ光発生器1側）に4個の

矩形スロットアンテナ20が所定の間隔だけ離れて周期的に形成されるとともに、図1の右側（光検出器5側）にバイアス電圧印加回路3のコプレーナ線路が形成される。ここで、4個の矩形スロットアンテナ20の間隔は、2つの光導波路31、32を伝搬する光信号の伝搬遅延を考慮し、4個の矩形スロットアンテナ20で受信したマイクロ波信号による光信号における位相シフトへの寄与が加算されて最大となるように設定される。当該絶縁膜11上に形成される各導体は例えばAu又はCuにてなる。なお、4個の矩形スロットアンテナ20からなるスロットアンテナアレー2の図1の図上下側の部分は接地導体12は形成されず、絶縁膜11が露出している。

【0018】図1に示すように、絶縁膜11上の全面に、4個の矩形スロットアンテナ20が形成されている部分及びバイアス電圧印加回路3が形成されている部分を除いて、接地導体12が形成される。また、4個の矩形スロットアンテナ20の形成部分より図上下側の部分は接地導体12が形成されず、絶縁膜11が露出されており、光導波路31の直上の接地導体12の幅dw（図2参照。）がより小さく設定されている。

【0019】上記4個の矩形スロットアンテナ20の各々は同一の構造を有しており、以下、1個の矩形スロットアンテナ20について説明する。図2に示すように、接地導体12に、所定の幅dsを有する正形状の矩形スロットが形成され、当該矩形スロットは、光導波路31、32の長手方向に対して平行な横方向の幅dsの直線状スロット22a、22bと、光導波路31、32の長手方向に対して垂直な縦方向の幅dsの直線状スロット22c、22dとからなる。この矩形スロットの4つのスロット22a-22dの長手方向の長さの合計は、受信するマイクロ波信号の波長に等しく設定され、すなわち各スロット22a-22dの長さはマイクロ波信号の1/4波長に設定される。ここで、本実施例においては、スロット22a-22dの幅dsは15 μm 乃至25 μm に設定される。また、スロット22aの幅は、当該矩形スロットアンテナ20の放射効率が最大となるように設定される。

【0020】当該矩形スロットの内部に、矩形孔21hを有する中心矩形導体21が形成される。矩形孔21hは当該中心矩形導体21の図上下側の部分に、矩形孔21hの各辺が中心矩形導体21の各辺と平行となるようにかつ矩形孔21hの下側の中心矩形導体21の部分が小さい幅d1を有するように形成され、ここで、幅d1を有する中心矩形導体21の部分の幅方向の中心部分の直下に光導波路32が形成されている。本実施例において、幅d1は誘電体基板10において誘起されるマイクロ波信号の図上縦方向の電界を増大させるために小さく設定される。さらに、スロット22bの下側の幅dwの接地導体12の直下に光導波路31が形成される。ここ

で、スロット 22b と 2 つの光導波路 31, 32 は図 3 に示すように、ダブルストリップコプレーナ線路構造を有しており、この構造は誘電体基板 10 においてより強い図 3 の図上縦方向 201 の電界 E を誘起することができ、これによって、矩形スロットアンテナ 20 を備えた光変調器の電気光学効果の変換効率を増大させている。

【0021】また、スロット 22b と光導波路 31, 32 との距離は、光導波路 31, 32 を伝搬する光信号の位相速度と受信されるマイクロ波信号の位相速度との間のミスマッチを生じさせるウォークオフ長 (walk-off length) より小さいように設定される。このウォークオフ長においては基づく設定は以下の理由から設定される。すなわち本実施例の線形光変調器の動作原理は、 LiNbO_3 の誘電体基板 10 における電気光学効果を用いて光導波路 31, 32 に伝搬する光信号に対して位相シフトを生じさせ、この位相シフト (位相変調) は 2 つの光信号が合成されるときに振幅変調に変換される。当該誘電体基板 10 内の光信号の位相速度は矩形スロットアンテナ 20 において受信されるマイクロ波信号の位相速度と異なっているため、スロット 22b と光導波路 31, 32 との距離が所定の長さ (この長さがウォークオフ長に対応する。) 以上になると、当該光変調器に沿った位相シフトの度合いが劣化し始める。2 つの光信号の位相差が 180° 以上であるときこのことが、より高い周波数における効率的な変調の主たる制限となっている。本実施例においては、スロット 22b と光導波路 31, 32 との距離は、上記ウォークオフ長 (walk-off length) より小さいように設定され、これによって、位相シフトから振幅変調を生じさせるときの変換効率を増大させている。

【0022】以上のように構成された矩形スロットアンテナ 20 において、マイクロ波信号を 100 で示す電界の受信方向で受信したとき、矩形スロットアンテナ 20 においては図 2 に示すように電界 E が生じ、特にスロット 22b に生じる電界 E によって、図 3 の矢印 201 に示すように光導波路 32 から光導波路 31 に向かって、すなわち電界 E が光導波路 32 から誘電体基板 10 の表面に対して垂直な方向で生じかつ誘電体基板 10 の表面に対して垂直な方向で光導波路 33 に向かって生じる。従って、第 1 の実施例においては、Z カットの誘電体基板 10 を用いて、結晶軸に対して垂直な方向で偏向が生じ、最大の電気光学効果は、マイクロ波の電磁波が TM モードで生じるときに得られる。

【0023】光変調器に対して所定の負のバイアス電圧を印加するバイアス電圧印加回路 3 は、T 型の中心導体 13a, 13b を有するコプレーナ線路 13 と、直流電源 Ba とから構成され、その中心導体 13a は光導波路 32 の直上に位置するように形成される。また、直流電源 Ba の正極は接地導体 12 に接続され、その負極は中心導体 13b に接続される。これによって、負の直流バ

イアス電圧がコプレーナ線路 13 の中心導体 13a に印加されることによって、光導波路 31, 32 に対して所定の直流バイアス電界を印加する。ここで、図 5 に示すように、光変調器におけるバイアス点を BP1 に設定され、当該光変調器が線形で動作するように、すなわち受信されたマイクロ波信号に従って比例して、光信号の強度が変化するように構成される。

【0024】上記誘電体基板 10 内には、上記光導波路 31, 32 のほかに、光導波路 30, 33 と、光導波路 Y 型分配器 40 と、光導波路 Y 型合成器 41 とが形成される。レーザダイオードを備えて所定の波長の無変調の光信号を発生するレーザ光発生器 1 の出力端子は光ファイバケーブル 4a を介して光導波路 30 の一端に接続され、その光導波路 30 の他端は、分配器 40 の入力端子とその第 1 の出力端子と、光導波路 32 と、合成器 41 の第 1 の入力端子とその出力端子とを介して、光導波路 33 の一端に接続され、光導波路 33 の他端は誘電体基板 10 の他短辺に位置する。また、分配器 40 の第 2 の出力端子は、光導波路 31 を介して合成器 41 の第 2 の入力端子に接続される。上記光導波路 33 の他端は光ファイバケーブル 4b を介して光電変換装置である光検出器 5 に接続され、その光検出器 5 の出力端子は RF 信号出力端子に接続される。

【0025】以上のように構成されたスロットアンテナアレー装置においては、レーザダイオードを備えたレーザ光発生器 1 が、比較的高い所定の光強度を有する光信号を発生して光ファイバケーブル 4a を介して光導波路 30 に出力する。光導波路 30 に入射した光信号は分配器 40 によって 2 分配された後、分配された各光信号がそれぞれ光導波路 31, 32 を介して合成器 41 に入射する。

【0026】一方、スロットアンテナアレー 2 にマイクロ波信号の電磁波を受信方向 100 で受信するとき、図 2 に示すようにその電界 E が生じて、各矩形スロットアンテナ 20 によってそれぞれ受信される。このとき、当該受信されたマイクロ波信号の電界によって、各矩形スロットアンテナ 20 に電磁的に結合された光導波路 31, 32 に伝搬する光信号に位相シフトを生じさせ、当該位相シフトは 2 つの光信号が合成器 29 によって合成されるときに光信号の強度変調を生じさせる。すなわち、本実施例の光変調器は、各矩形スロットアンテナ 20 によって受信された光信号を強度変調する強度変調器として動作する。ここで、光変調器に電磁的に結合された 4 個の矩形スロットアンテナ 2 を用いてマイクロ波信号の電磁波を受信しているので、1 個の矩形スロットアンテナ 2 を用いて受信する場合に比較して受信効率、すなわちマイクロ波信号に従って光信号を強度変調するときの変調効率を増大させている。

【0027】次いで、光導波路 31, 32 を伝搬して変調された各光信号は合成器 29 によって合成されて上述

のように強度変調された後、光導波路33と光ファイバケーブル4bを介して光検出器5に入力される。光検出器5は入力された光信号を光電変換して電気信号に変換し、すなわち上記受信されたマイクロ波信号に変換してRF信号端子に出力する。

【0028】この第1の実施例によれば、マイクロ波信号を受信して直接に光信号に変換する電光変換装置を、複数の矩形スロットアンテナ20からなるスロットアンテナアレー2と誘電体基板10内に形成された2つの光導波路31, 32からなる光変調器を一体化して構成したので、当該電光変換装置を大幅に小型・軽量化することができる。この実施例の装置は、例えば、移動体無線システムにおける、マイクロ波アンテナを設置する無線基地局の装置として用いることができ、上記光ファイバケーブル4bを光ファイバリンク回線として用いることができる。

【0029】以上の第1の実施例において、図6に示すように、スロットアンテナアレー20の上に、所定の指向特性を有し高誘電率材料にてなる誘電体レンズ25を、誘電体基板10の縁端部に設けられた支持部材26a, 26bを介して支持して設けてもよい。この場合、スロットアンテナアレー2の開口効率、放射効率、及び指向特性を改善することができる。

【0030】<第2の実施例>図7は本発明に係る第2の実施例である光変調器一体型スロットアレーアンテナ装置の平面図及びブロック図であり、図8は図7の1つのスロットアンテナ20aの拡大平面図であり、図9は図7のC-C'線についての縦断面図である。

【0031】この第2の実施例のスロットアレーアンテナ装置は、LiNbO₃にてなる誘電体基板10内に形成された1つの光導波路35を備えた光変調器上であって、上記光導波路35に沿ってかつ当該光導波路35と電磁的に結合するように、4個の矩形スロットアンテナ20aからなるスロットアンテナアレー2を誘電体基板10上に一体化して備えたことを特徴とする。

【0032】この第2の実施例においては、光軸がy軸に平行である、いわゆるYカットの誘電体基板を用いており、マイクロ波信号によって誘起される電界はy軸に平行であり、その電界はx軸に沿って伝搬する。

【0033】図9に示すように、LiNbO₃にてなる誘電体基板10上に、第1の実施例と同様に、楕円断面形状の薄膜光導波路35が誘電体基板10内に形成される。次いで、誘電体基板10上に、矩形スロットアンテナ2の放射効率を向上させるために、厚さ3μm乃至4μmのSiO₂にてなる絶縁膜11が形成された後、当該絶縁膜11上に上記光導波路35に沿って、図7の左側（レーザ光発生器1側）に4個の矩形スロットアンテナ20aが所定の間隔だけ離れて周期的に形成されるとともに、図7の右側（光検出器5側）にバイアス電圧印加回路3のコプレーナ線路が形成される。ここで、4個

の矩形スロットアンテナ20aの間隔は、光導波路35を伝搬する光信号の伝搬遅延を考慮し、4個の矩形スロットアンテナ20aで受信したマイクロ波信号による光信号における位相シフトへの寄与が加算されて最大となるように設定される。

【0034】図1に示すように、絶縁膜11上の全面に、4個の矩形スロットアンテナ20aが形成されている部分及びバイアス電圧印加回路3が形成されている部分を除いて、接地導体12が形成される。

【0035】上記4個の矩形スロットアンテナ20aの各々は同一の構造を有しており、以下、1個の矩形スロットアンテナ20aについて説明する。図8に示すように、接地導体12に、所定の幅dsを有する正方形の矩形スロットが形成され、当該矩形スロットは、光導波路35の長手方向に対して平行な横方向の幅dsの直線状スロット24a, 24bと、光導波路35の長手方向に対して垂直な縦方向の幅dsの直線状スロット24c, 24dとからなる。この矩形スロットの4つのスロット24a-24dの長さの合計は、受信するマイクロ波信号の波長に等しく設定され、すなわち各スロット24a-24dの長手方向の長さはマイクロ波信号の1/4波長に設定される。ここで、本実施例においては、スロット24a-24dの幅は15μm乃至25μmに設定される。また、スロット24aの幅は、当該矩形スロットアンテナ20aの放射効率が最大となるように設定される。

【0036】当該矩形スロットの内部に、中心矩形導体23が形成される。ここで、スロット24bの直下に光導波路35が形成されている。ここで、スロット24bと光導波路35は図9に示すように、スロット線路構造を有しており、この構造は誘電体基板10においてより強い図9の図上横方向200の電界Eを誘起することができ、これによって、矩形スロットアンテナ20aを備えた光変調器の電気光学効果の変換効率を増大させている。

【0037】また、スロット24bと光導波路35との距離は、スロット24bで誘起されるマイクロ波の電界が光導波路24bと電磁的に結合し、かつ、光導波路35を伝搬する光信号の位相速度と受信されるマイクロ波信号の位相速度との間のミスマッチを生じさせるウォークオフ長より小さいように設定される。

【0038】以上のように構成された矩形スロットアンテナ20aにおいて、マイクロ波信号を100で示す電界の受信方向で受信したとき、矩形スロットアンテナ20aにおいては図8に示すように電界Eが生じ、特にスロット24bに生じる電界Eによって、図9に示すように上記電界Eと平行となるように、すなわち誘電体基板10の表面と平行な方向200で光導波路35を横切るように生じる。すなわち、第2の実施例においては、Yカットの誘電体基板10を用いて、結晶軸に対して平行

な方向で偏向が生じ、最大の電気光学効果は、マイクロ波の電磁波がTEモードで生じるときに得られる。

【0039】光変調器に対して所定の負のバイアス電圧を印加するバイアス電圧印加回路3は、第1の実施例と同様に誘電体基板10上に形成され、ここで、コプレーナ線路13の中心導体13aと、その図上上側に位置する接地導体12との間の直下に光導波路35が形成されている。これによって、負の直流バイアス電圧がコプレーナ線路13の中心導体13aに印加されることによって、光導波路35に対して所定の直流バイアス電界を印加する。ここで、図5に示すように、光変調器におけるバイアス点をBP1に設定され、当該光変調器が線形で動作するように、すなわち受信されたマイクロ波信号に従って比例して、光信号の強度が変化するように構成される。

【0040】上記誘電体基板10内には、上記光導波路35が形成される。レーザダイオードを備えて所定の波長の無変調の光信号を発生するレーザ光発生器1の出力端子は光ファイバケーブル4aを介して光導波路35の一端に接続され、その光導波路35の他端は、誘電体基板10の他短辺に位置するとともに、光ファイバケーブル4bを介して光電変換装置である光検出器5に接続され、その光検出器5の出力端子はRF信号出力端子に接続される。

【0041】以上のように構成されたスロットアンテナアレー装置においては、レーザダイオードを備えたレーザ光発生器1が、比較的高い所定の光強度を有する光信号を発生して光ファイバケーブル4aを介して光導波路35に出力する。一方、スロットアンテナアレー2aにマイクロ波信号の電磁波を受信方向100°で受信するとき、図8に示すようにその電界Eが生じて、各矩形スロットアンテナ20によってそれぞれ受信される。このとき、当該受信されたマイクロ波信号の電界によって、各矩形スロットアンテナ20aに電磁的に結合された光導波路35に伝搬する光信号に位相変調を生じさせる。すなわち、本実施例の光変調器は、各矩形スロットアンテナ20aによって受信された光信号を位相変調する位相変調器として動作する。ここで、光変調器に電磁的に結合された4個の矩形スロットアンテナ2aを用いてマイクロ波信号の電磁波を受信しているので、1個の矩形スロットアンテナ2aを用いて受信する場合に比較して受信効率、すなわちマイクロ波信号に従って光信号を位相変調するときの変調効率を増大させている。

【0042】次いで、光導波路35を伝搬して変調された光信号は光ファイバケーブル4bを介して光検出器5に入力される。光検出器5は入力された光信号を光電変換して電気信号に変換し、すなわち上記受信されたマイクロ波信号に変換してRF信号端子に出力する。

【0043】この第2の実施例によれば、マイクロ波信号を受信して直接に光信号に変換する電光変換装置を、

複数の矩形スロットアンテナ20aからなるスロットアンテナアレー2と誘電体基板10内に形成された光導波路35からなる光変調器を一体化して構成したので、当該電光変換装置を大幅に小型・軽量化することができる。この実施例の装置は、例えば、移動体無線システムにおける、マイクロ波アンテナを設置する無線基地局の装置として用いることができ、上記光ファイバケーブル4bを光ファイバリンク回線として用いることができる。

【0044】以上の第2の実施例において、第1の実施例と同様に、図6の誘電体レンズ25を設けてもよい。

【0045】以上の第1と第2の実施例においては、4個のスロットアンテナ20、20aを形成しているが、少なくとも1個以上のスロットアンテナ20、20aを形成すればよい。ここで、スロットアンテナ20の個数を増大することによって、電気・光変換の変換効率は増大する。

【0046】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、光信号を発生する光信号発生手段と、誘電体基板上に形成され、マイクロ波信号を受信する矩形スロットアンテナと、上記矩形スロットアンテナと電磁的に結合しかつ上記誘電体基板上に上記矩形スロットアンテナと一体化されて設けられ、上記光信号発生手段によって発生された光信号が入力される少なくとも1本の光導波路を有し、上記矩形スロットアンテナによって受信されたマイクロ波信号に従って上記光信号を変調して出力する光変調手段とを備える。従って、マイクロ波信号を受信して直接に光信号に変換する電光変換装置を、従来例に比較して大幅に小型・軽量化することができる。本発明のスロットアンテナ装置は、例えば、移動体無線システムにおける、マイクロ波アンテナを設置する無線基地局の装置として用いることができるという利点がある。

【0047】さらに、上記光変調手段の光導波路に沿って、上記光変調手段と電磁的に結合しかつ上記誘電体基板上に上記光変調手段と一体化されて、複数の矩形スロットアンテナを備えることによって、マイクロ波信号から光信号への変換効率を増大させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る第1の実施例である光変調器一体型スロットアレーアンテナ装置の平面図及びブロック図である。

【図2】 図1の1つのスロットアンテナの拡大平面図である。

【図3】 図1のA-A'線についての縦断面図である。

【図4】 図1のB-B'線についての縦断面図である。

【図5】 図1の光変調器における設定バイアス点を示す負のバイアス電圧に対する光出力強度特性のグラフで

ある。

【図6】 図1のスロットアレーアンテナ装置に誘電体レンズを備えたときの縦断面図である。

【図7】 本発明に係る第2の実施例である光変調器一体型スロットアレーアンテナ装置の平面図及びブロック図である。

【図8】 図7の1つのスロットアンテナの拡大平面図である。

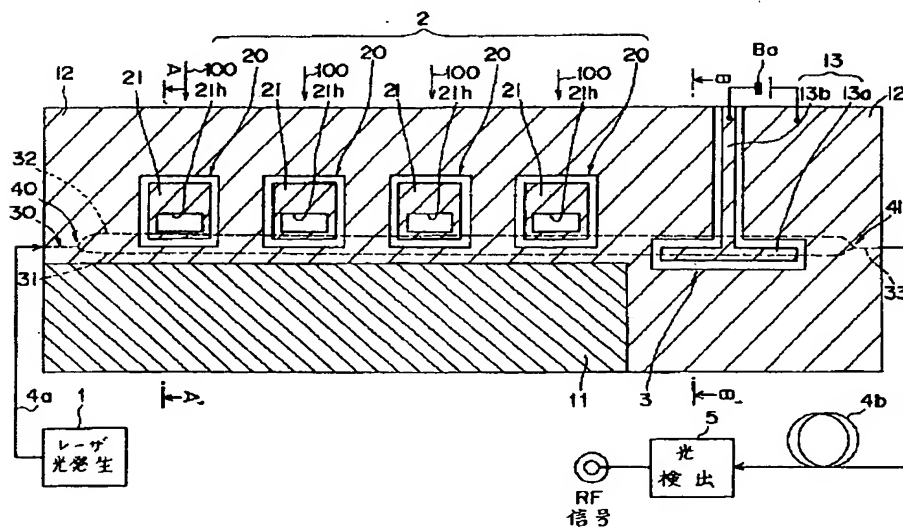
【図9】 図7のC-C'線についての縦断面図である。

【符号の説明】

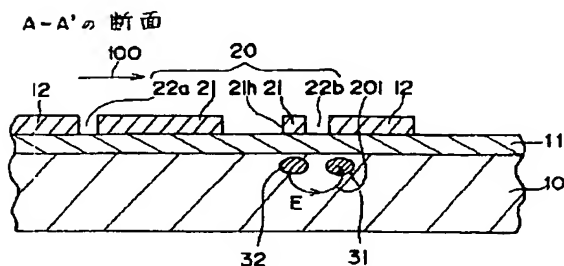
1…レーザ光発生器、
2, 2a…スロットアンテナアレー、
3…バイアス電圧印加回路、
4a, 4b…光ファイバケーブル、
5…光検出器、
10…誘電体基板、

11…絶縁膜、
12…接地導体、
13…コプレーナ線路、
13a, 13b…中心導体、
20, 20a…スロットアンテナ、
21, 23…中心矩形導体、
21h…中心導体の矩形孔、
22a, 22b, 22c, 22d, 24a, 24b, 24c, 24d…スロット、
25…誘電体レンズ、
30, 31, 32, 33, 35…光導波路、
40…光導波路Y型分配器、
41…光導波路Y型合成器、
100…マイクロ波の受信方向、
200, 201…電界方向、
Ba…直流電源、
BP1…バイアス点。

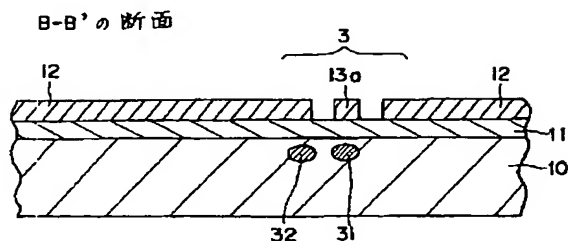
【図1】



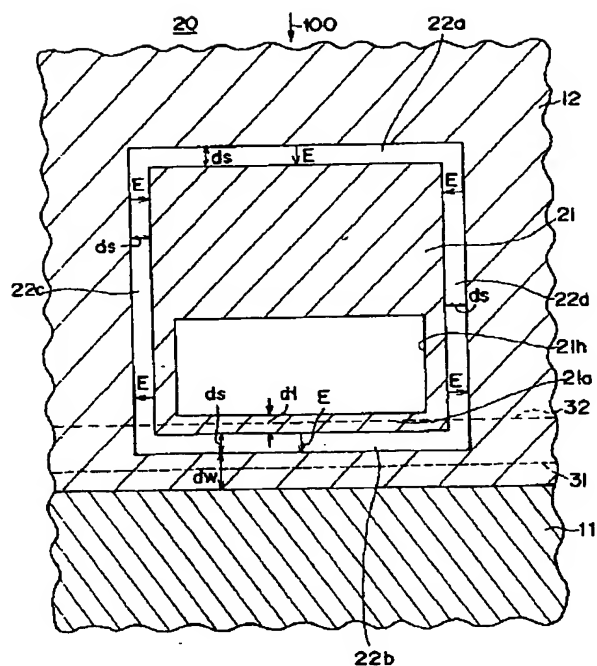
【図3】



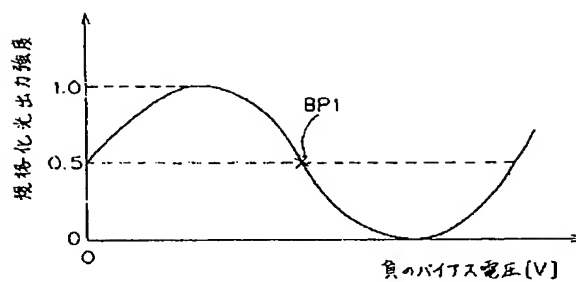
【図4】



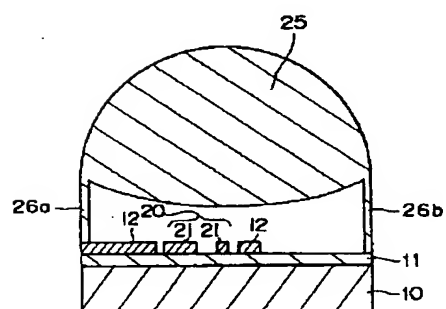
【图2】



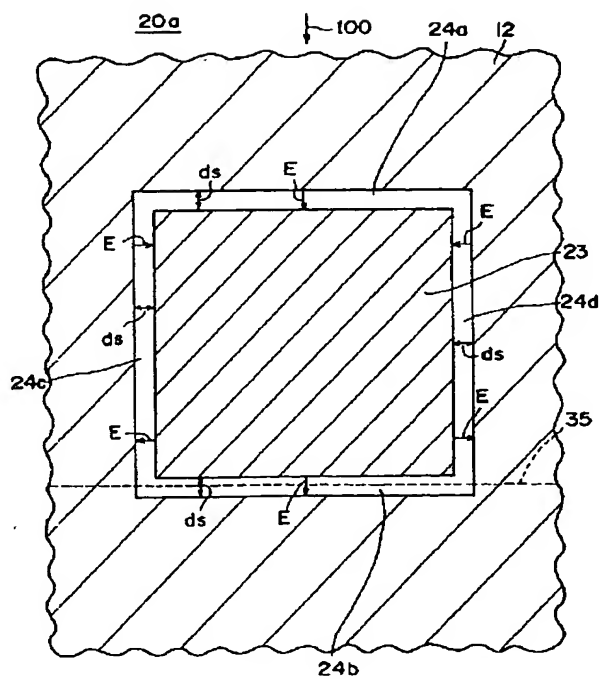
【图5】



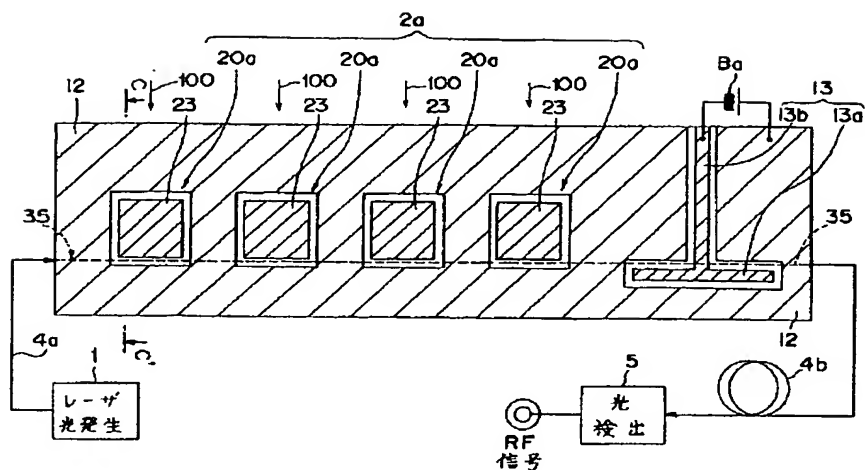
【図 6】



【圖 8】

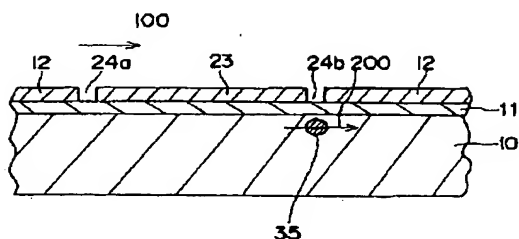


【図 7】



【図 9】

C-C'の断面



フロントページの続き

(72)発明者 松井 一浩

京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷 5
番地 株式会社エイ・ティ・アール光電波
通信研究所内

(72)発明者 小川 博世

京都府相楽郡精華町大字乾谷小字三平谷 5
番地 株式会社エイ・ティ・アール光電波
通信研究所内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.